

**CERCETĂRI PRIVIND
CRĂIȚUIREA CU PLASMĂ
CU APLICAȚII
PENTRU OȚEL ȘI ALUMINIU**

**RESEARCHES REGARDING
PLASMA GOUGING,
WITH APPLICATIONS
FOR STEEL AND ALUMINUM**

B. FAZAKAS, M.A. BODEANU, T. MACHEDON PISU

Universitatea Transilvania din Brașov, România

Person contact: barna_fazakas@yahoo.com

REZUMAT / ABSTRACT

In acest articol vrem să prezentăm suprafețele crăițuite cu plasmă manuală și mecanizată și caracterizarea suprafețelor prin rugozitate, microstructură, macrostructură și duritate. În urma procesului de crăițuire s-au măsurat noxele.

La experimente s-au folosit două materiale de bază, primul este un oțel S355J2, cu caracteristicile mecanice de rezistența celei mai înalte și este recomandat pentru a fi utilizat pentru construcțiile foarte intens solicitate.

Al doilea material de bază este un aliaj de aluminiu AlMg3 (EN AW-5754, EN 10204/3.1), foarte sudabil, rezistent la coroziune în special la mediul marin și în atmosferă industrială.

In this article, we show some aspects of the gouged surfaces, both with manual and with mechanized plasma; as well as the surface characterization, by microstructure, macrostructure and hardness. During the experiments, two basic materials were used.

The former is a steel S355J2, with the highest resistance, in terms of mechanical characteristics, which is recommended for intensely solicited constructions.

The latter is an aluminum alloy AlMg3 (EN AW-5754, EN 10204/3.1), which is easily weldable, resistant to corrosion, especially in the marine environment and in the industrial atmosphere.

Key words: gouging, roughness, hardness, AlMg3, Steel S355J2

1. MOD DE LUCRU

În cadrul cercetării au fost folosite 2 procedee de crăițuire, crăițuire manuală cu plasmă și respectiv crăițuire mecanizată cu plasmă. Plasma este un gaz ionizat. La tăierea și crăițuirea cu plasmă se folosește ca gaz plasmagen, aer comprimat, O₂, N₂ sau argon. La oțelurile de construcție și la piesele cu cerință de calitate scăzută, de obicei se folosește ca gaz plasmagen și ca gaz de protecție aerul comprimat.

Aerul comprimat este cel mai utilizat și cel mai ieftin gaz plasmagen folosit la crăițuire cu plasmă. Principalele componente din aer sunt azotul (aproximativ 70%) și oxigenul (proximativ 21%). Utilizarea aerului comprimat pentru crăițuirea cu plasmă, permite combinarea proprietăților din cele două gaze, obținându-se calități și viteze bune la crăițuirea oțelurilor de construcție și la aluminiu.

Crăițuirea cu plasmă este un procedeu neconvențional. Este folosit un aparat de tăiere/crăițuire cu plasmă.

1. WORKING METHOD

In the framework of the research, two gouging procedures, namely manual plasma gouges and, respectively, mechanized plasma gouging, were used. Plasma is an ionized gas; for plasma gouging and cutting, either O₂, or N₂, or argon is used as plasmagen gas. For construction steels and pieces with low quality requirements, the compressed air is usually used as plasmagen gas and as protection gas.

The compressed air is the most frequently used and the least expensive plasmagen gas, for plasma gouging. The main components of the air are nitrogen (approximately 70%) and oxygen (approximately 21%).

The use of compressed air for plasma gouging allows the combination of the properties specific to the two gases, obtaining thereby good qualities and speeds for gouging construction steels and aluminum.

Plasma gouging is an unconventional procedure, for

Arcul de plasmă are rolul de a topi materialul de bază și cu ajutorul unui jet de aer comprimat metalul topit este îndepărtat din canal. La crăițuirea mecanizată cu plasmă s-a folosit un dispozitiv linear de sudare și tăiere la care prinderea pistolului de sudare a fost adaptată în așa fel încât pistolul să poată fi înclinat la unghiuri de 30-45°, ceea ce este necesar la procesul de crăițuire

În **Figura 1** este prezentată schema de principiu de funcționare a procedurii de crăițuire cu plasmă manuală.

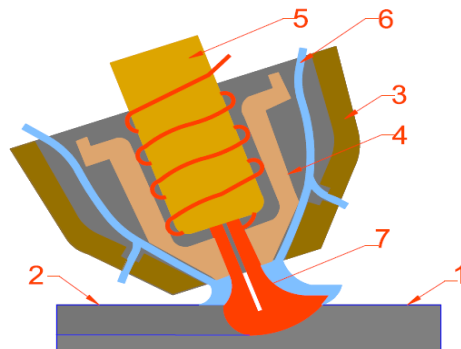


Fig. 1. Schema de principiu a crăițurii cu plasmă / Schematic diagram of plasma gouging

În **Figura 1** este prezentată schema de principiu a crăițurii cu plasmă. Piesa de lucru (1) este fixată pe un banc de lucru și este legată la borna de masă a aparatului de tăiere/crăițuire Powermax 45. Pistolul de crăițuire este înclinat la 45° față de piesa de lucru. Mișcarea de avans a pistolului este dată de mișcarea mâinii operatorului. Aceasta poate să oscileze puțin pentru a obține un canal mai lat.

Capul de crăițuire are în componența sa următoarele elemente:

- electrodul ecranat (5) care este legat la generatorul de plasmă,
- duza (4) de constrângere a arcului de plasmă,
- duza de protecție (3) care are rolul de a proteja electrodul,
- duza de câmp electromagnetic care dirijează fluxul de aer comprimat (6) către piesa de lucru.

Amorsarea arcului de plasmă (7) se realizează prin apropierea pistolului de crăițuire către piesa de lucru (1). Apoi pistolul se deplasează cu viteză constantă către direcția de înaintare. Arcul de plasmă topește materialul de bază, iar aerul comprimat expulzează materialul topit. În urma pistolului care se deplasează se poate observa canalul crăițuit (2).

Punerea în funcțiune este făcută astfel. Înainte de aprindere, pistolul se ține astfel încât duza să se afle la 1,5 mm față de piesa de lucru. Se ține pistolul într-un unghi de 45° față de piesa de lucru, cu o fantă mică între vârful pistolului și piesa de lucru. Se apasă pedica pentru a obține un arc pilor. Se transferă arcul la piesa de lucru și se menține un unghi de aproximativ

whose purposes, a plasma cutter / gouger was used. The plasma arc is designed to melt the basic material and, with the aid of a compressed air jet, the molten material is pushed out from the channel. For mechanized plasma gouging, a linear welding and cutting device has been used, in whose case the grip of the welding pistol has been adapted so that the pistol be inclined at angles of 30-45°, which is necessary, in the gouging process

*In **Figure 1** the schematic diagram for the operation of the manual plasma gouging procedure is show.*

Figure 1 shows the schematic diagram of the plasma gouging. The work piece (1) is fastened on a work bench and is connected to the terminal of the cutter / gouger Powermax 45. The gouging pistol is bent at 45° as against the work piece. The advancement of the pistol is given movement of the operator's hand. This one may slightly oscillate, so that we might obtain a larger channel.

The gouging head consists in the following elements:

- the electrode (5) which is screened and connected to the plasma generator,
- the nozzle (4) for the restraint of the plasma-arc,
- the protection nozzle (3) which is designed to protect the electrode and
- the electromagnetic-field nozzle, which orients the compressed-air jet (6) towards the work piece.

The plasma arc (7) is ignited by approaching the gouging pistol to the work piece (1). Then, the pistol advances at constant speed. The basic material is melted with the plasma arc; and the compressed air expels the molten material. Behind the advancing pistol, one can see the gouged channel (2).

The startup is made as follows. Prior to the ignition, the pistol is kept so that the nozzle to be at 1.5 mm to the work piece. The pistol is kept at an angle of 45° against the work piece, with a small slit between the pistol point and the work piece. The lock is pressed, so as to obtain a pilot arc. The arc is transferred to the work piece and an angle of approximately 45-60° is kept against the work piece, while the gouging is

45-60° față de piesă în timp ce se efectuează crăițuirea. Cu alte cuvinte, arcul de plasmă se deplasează în direcția de căițuire pe care dorim să o realizăm. Se menține o distanță mică între pistolul și metalul topit pentru a evita reducerea duratei de viață a consumabilelor (de exemplu lipirea metalului topit pe pistolul) sau deteriorarea pistolului. Pentru a obține o canelură mai adâncă se modifică unghiul pistolului. Se poate varia adâncimea de crăițuire prin modificarea unghiului pistolului față de piesa de lucru. [3, 5, 6]

La crăițuirea mecanizată a fost folosit dispozitivul de avans liniar prezentat în **Figura 2**.

being achieved. In other words, the plasma arc advances in the direction of the gouging to be achieved. A small distance will be maintained between the pistol and the molten material, in order to avoid a reduction in the lifecycle of the consumables (for instance, the molten metal sticking to the pistol) or the deterioration of the pistol. With a view to obtaining a deeper slot, the pistol angle will be modified. The gouging depth may be varied, by the modification of the pistol angle to the work piece.

For the mechanized gouging, linear advancement device was used, which is shown in **Figure 2**.



Fig. 2. Dispozitivul de avans liniar pentru tăiere / crăițuire
Linear-advancement device for cutting / gouging

2. CERCETARE EXPERIMENTALĂ

La partea experimentală s-a folosit ca material de bază oțel S355J2 (SR EN 10025/2) cu compoziția chimică prezentată în **Tabelul 1** și proprietățile mecanice prezentate în **Tabelul 2** și aliaj de aluminiu AlMg3 cu compoziția chimică prezentată în **Tabelul 3** și proprietățile mecanice în **Tabelul 4**. [4, 6, 7]

2. EXPERIMENTAL RESEARCH

As regards the experimental side, the basic material consisted in steel S355J2 (SR EN 10025/2) whose chemical composition is shown in **Table 1** and whose mechanical properties are shown in **Table 2**, as well as in aluminum alloy AlMg3 whose chemical composition is shown in **Table 3** and the mechanical properties are shown in **Table 4**.

Tabelul 1. Compoziția chimică a materialului de bază
Table 1. Chemical composition of basic material

Material	C	Si	Mn	P	S	Cu
S355J2	0.22	0.55	1.60	0.035	0.035	0.55

Tabelul 2. Proprietățile mecanice
Table 2. Mechanical properties

Material	Flow limit Re [MPa]	Resistance to traction Rm [MPa]	Elongation [%]
S355J2	355	510 - 630	13

Tabelul 3. Compoziția chimică a materialul de bază
 Table 3. Chemical composition of basic material

Material	Mn	Fe	Mg	Si	Cr	Cu	Zn	Ti	others	Al
AlMg3	0.1-0.6	0.4	2.6-3.6	0.4	0.3	0.10	0.15	0.15	0.05	Rest

Tabelul 4. Proprietăți mecanice
 Table 4. Mechanical properties

Material	Flow limit Re [MPa]	Resistance to traction Rm [MPa]	Elongation [%]
AlMg3	80	190	17

Acest material de bază este un oțel cu conținut scăzut de carbon care este folosit în general pentru structuri sudate.

La crăițuirea cu plasmă (manuală și mecanizată) s-au folosit datele tehnice prezentate în **Tabelul 5** pentru oțelul S355J2 și pentru aliajul de AlMg3.

This basic material is a steel with low-carbon content, which is generally used for the welded structures.

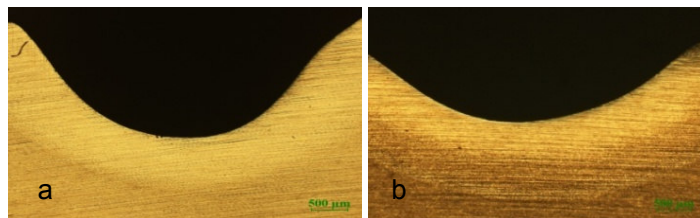
*In the case of the manual and mechanized plasma gouging, the technical data shown in **Table 5** for the steel S355J2 and for the allow AlMg3, were used.*

Tabelul 5. Date tehnice despre procesul de crăițuire
 Table 5. Technical data regarding the gouging process

	Manual plasma S355J2	Mechanized plasma S355J2	Manual plasma AlMg3	Mechanized plasma AlMg3
I _c [A]	45	45	40	40
Q _c [MPa]	0.5	0.5	0.6	0.6
v _c [mm/m]	780	1150	750	950
Gouging angle [°]	45	45	45	45
Gouged width [mm]	2.2	2.4	5.5	3.5
Gouged length [mm]	50	50	50	50
Gouged depth [mm]	2.3	2.5	4.5	3

3. REZULTATE ȘI CONCLUZII

A. Macrostructuri



3. RESULTS AND CONCLUSIONS

A. Macrostructures

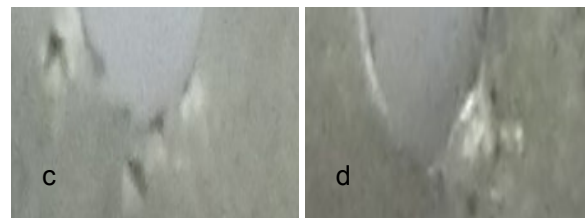


Fig. 4. Macrostructuri crăițuite cu plasmă:

a) manuală S355J2, b) mecanizată S355J2, c) manuală AlMg3, d) mecanizată AlMg3

Plasma-gouged macrostructures:

a) manual S355J2, b) mechanized S355J2, c) manual AlMg3, d) mechanized AlMg3

Grosimea zonei crăițuită este aproximativ 884 μm în cazul crăițuirii manuale cu plasmă și 704 μm în cazul crăițuirii mecanizate.

The thickness of the gouged layer is of approximately 884 μm in the case of the manual gouging, and of 704 μm, for the mechanized gouging.

B. Microstructuri

La analizarea microscopică a suprafețelor crăițuite s-a folosit microscopul Nikon Eclipse MA 100 cu mărire de $\times 500$.

În **Figura 5** se poate observa, că structura materialului este finisată și are loc o durificare superficială.

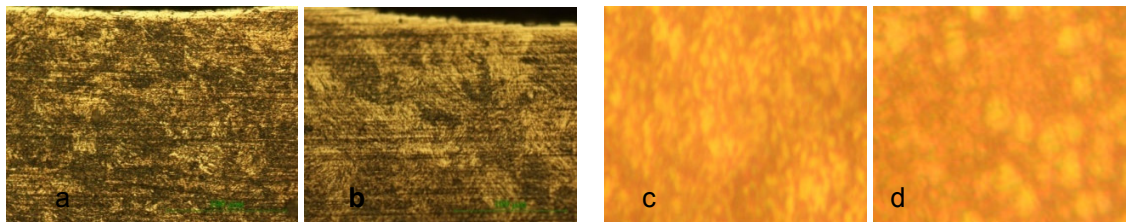


Fig. 5. Microstructura zonei crăițuite cu plasmă:

a) manuală S355J2, b) mecanizată S355J2, c) manuală AlMg3, d) mecanizată AlMg3

Microstructure of the plasma-gouged area:

a) manual S355J2, b) mechanized S355J2, c) manual AlMg3, d) mechanized AlMg3

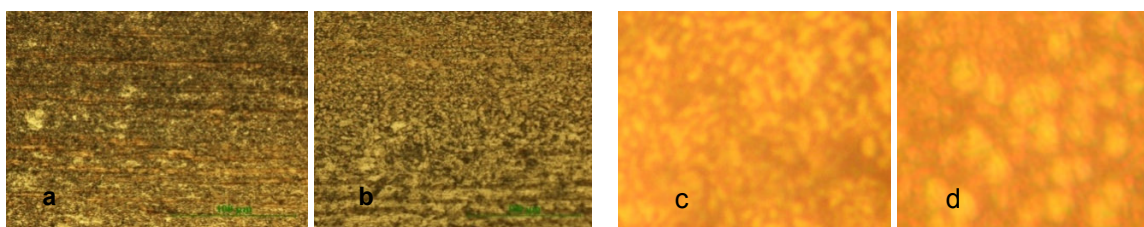


Fig. 6. Microstructura zonei intermediare între zona crăițuită și zona materialului de bază (plasmă):

a) manuală S355J2, b) mecanizată S355J2, c) manuală AlMg3, d) mecanizată AlMg3

Microstructure of the intermediate area between the gouged area and the basic material (plasma):

a) manual S355J2, b) mechanized S355J2, c) manual AlMg3, d) mechanized AlMg3

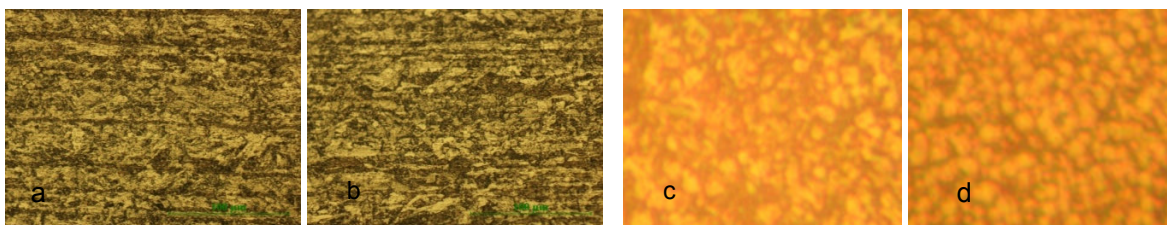


Fig. 7. Microstructura materialului de bază crăițuit cu plasmă:

a) manuală S355J2, b) mecanizată S355J2, c) manuală AlMg3, d) mecanizată AlMg3

Microstructure of the plasma-gouged basic material:

a) manual S355J2, b) mechanized S355J2, c) manual AlMg3, d) mechanized AlMg3

C. Duritatea

Pentru determinarea microdurității suprafețelor crăițuite manual și mecanizat cu plasmă s-a folosit un microdurimetru FM 700 Ahotec, cu sarcina de 100g/forța la scara HV_{10} .

Echipamentul este prevăzut cu un sistem de achiziție de date și cu softul adecvat pentru măsurarea automată a microdurităților. Pentru fiecare probă s-au efectuat câte 5 măsurări, calculându-se apoi media aritmetică a celor cinci valori obținute.

B. Microstructures

With a view to microscopically analyzing the gouged surfaces, the microscope Nikon Eclipse MA 100 for magnification 500X.

*One can see, in **Figure 5**, that the material structure is finished and that a superficial hardness occurs.*

C. Hardness

In order to determine the micro-hardness of the surfaces gouged with the manual and mechanized plasma procedure a micro hardness metering device FM 700 Ahotec, with the load of 100g/force, was resorted to; and the scale of HV_{10} was used. The equipment is provided with a data-acquisition system and with the adequate software, for automatically measuring the micro hardness. For each sample, 5 measurements were made and the arithmetic mean of the obtained values was calculated.

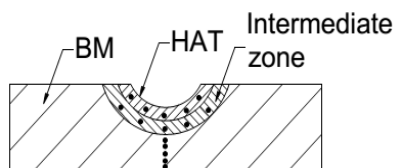


Fig. 8. Zonele de determinare a durtății / Measurements areas

Tabelul 6. Valorile de durtăți măsurate
Table 6. Hardness values

Procedure	Plasma manual S355J2	Plasma mechanized S355J2	Plasma manual AlMg3	Plasma mechanized AlMg3
Average value in the gouged area	306	476	83.1	79.8
Average value between the gouged area and MB	248	265	78.3	79.2
Average value in MB	235	235	76.3	78.8

4. CONCLUZII

- În cazul suprafețelor crăițuite mecanizat cu plasmă poate fi observată o rugozitate mai mică, factor ce demonstrează că acest procedeu oferă o calitate superioară în comparație cu restul tehnologiilor de crăițuire.
- Ca element general procedeul tehnologic de crăițuire cu plasmă este unul ecologic, cu un impact redus asupra mediului
- La aliajul de aluminiu calitatea suprafeței (rugozitatea, aspectul) crăițuite este mai slabă în comparație cu cea a oțelului (suprafața nu este netedă, prezintă asperități).

4. CONCLUSIONS

- The mechanized-plasma gouged surfaces have lower roughness; hence this procedure offers higher quality for welding compared with other types of technologies.
- Plasma gouging is an ecological gouging technology.
- In the case of the aluminum alloy, the gouged surface quality (roughness, aspect) is not smooth; hence it has asperities.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was partially supported by the strategic grant POSDRU/159/1.5/S/137070 (2014) of the Ministry of National Education, Romania, co-financed by the European Social Fund - Investing in People, within the Sectoral Operational Programme Human Resources Development 2007-2013.

BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

- [1] * * * - *ASM International Handbook, Casting*, Volume 15, 2008.
- [2] * * * - *ASM International, Casting Design and Performance*, ISBN-13:978-0-87170-724-6, 2009.
- [3] **M. IORDACHESCU, D. IORDACHESCU, E. SCUTELNICU, J. RUIZHERVIAS, A. VALIENTE, L. CABALLERO** - *Influence of heating source position and dilution rate in achieving overmatched dissimilar welded joints*, Science and Technology of Welding and Joining, DOI:10.1179/136217110X12693513264259, 2010 .
- [4] **Michelle AVILA** - *Plasma gouging: It's a gash*, Practical welding today July/August 2012.
- [5] **R. FERNICOLA** - *Choosing a gouging method, Advantages and disadvantages of plasma, air carbon-arc gouging*, Practical welding today May/June 2006.
- [6] **D. COOK, D. MORNG** - *Gouging: the other plasma process*, Practical welding today May/June 2004.
- [7] * * * - *ASM Handbook: Welding, Brazing, and Soldering*, Volume 06, 1993.